

컴퓨터 비전을 이용한 터널 유고감지 시스템

정성환*, 주영호*, 이희신**, 이종태***, 이준환*

*전북대학교 컴퓨터공학과

** (주)나노포커스레이, *** (주)마이크로넷,

e-mail: (shjeong, nightmute)@jbnu.ac.kr, sin119@nfr.kr, ljtmuse@paran.com,

chlee@jbnu.ac.kr

Vision-Based Detection System for Tunnel Incidents

Sung-Hwan Jeong*, Young-Ho Ju*, Hee-Sin Lee**, Jong-Tae Lee***,
Joonwhoan Lee*

*Dept. of Computer Eng., Chonbuk National University

NanoFocusRay Corp., *Micronet Corp.

요 약

본 논문에서는 터널 내 유고 상황을 실시간으로 빠르게 감지하여 터널 관리자에게 상황을 전달하여 터널의 안전한 운영에 도움을 줄 수 있는 컴퓨터 비전을 이용한 터널 유고감지 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 관리자, 서버, 영상 검지기로 구성되며 영상 검지기의 경우 객체를 추출하기 위하여 배경차이법을 사용하였으며, 터널 내에서 발생하는 조명의 변화, 입·출입구의 조명의 영향, 카메라의 프리퀀싱 잡음의 영향을 최소화하였으며, 터널 내에서 발생할 수 있는 정지물체, 차량 외 통행, 연기, 역주행, 정체·지체의 유고 상황을 감지하는 방법을 개발하였다. 제안한 시스템을 전남 여수의 마래터널 및 엑스포터널, 전북 임실의 운암터널에서 실험한 결과 터널 내에서 발생하는 유고 상황을 감지하였다.

1. 서론

고도로 산업화된 현대 사회에서 도로의 터널은 산업을 최대한 방해하지 않으면서 교통을 원활하게 해주는 역할을 수행한다. 또한 터널은 수많은 사람과 재화가 이동하는 통로이다. 탈출과 우회가 제한된 터널 내에서 사고가 발생하는 경우 심각한 교통체증과 대규모 인명피해를 초래할 수 있다.

터널 내 좁은 도로에서는 차량의 우회가 제한되므로 도로위의 사고차량이나 물체 또는 보행자 등은 빠르게 감지하고 대처하지 않으면 터널 내 대형사고를 유발하는 요인으로 작용할 수 있다. 따라서 터널을 이용하는 사람을 보호하고 재화의 파손을 방지하고 시설물의 피해를 막아 터널의 안전한 운영을 보장하기 위한 유고감지 시스템이 반드시 필요하다. 현재 대부분의 터널의 경우 화재의 뜨거운 열을 감지하기 위한 열 감지센서와 터널 내의 먼지 및 연기를 배출하기 위한 환기 시스템만이 설치되어 있다.

현재까지 개발된 터널 유고감지 시스템은 모두 해외에서 개발된 것으로 이중 상용화에 성공한 제품은 대표적으로 벨기에의 Traficon사가 보유하고 있는 자동유고검지(Automatic Incident Detection)시스템이 있다. 이 제품은 터널 내에 설치된 카메라로 영상을 입력받아 주행하는 차량의 흐름을 분석하여 터널 내 교통사고 및 정지 차량과 화재·스모그 상태를 실시간으로 검출한다.

유고 감지 시스템의 목적은 터널 내 유고상황의 발생 여부를 정확하게 감지하여 신속하게 대처하는데 있다. 따

라서 터널 내에 유고상황이 발생했을 때 유고의 종류에 대한 판별보다는 유고상황의 발생여부를 신속하게 판단하는 것이 중요하며 이에 맞게 시스템이 설계되어야 한다. 또한 긴 터널의 경우 많은 카메라를 설치하는 터널의 특수성 때문에 카메라의 대수가 증가하더라도 빠른 처리속도를 유지해야 하며 시스템 운영적인 측면에서 확장성 또한 고려되어야 한다.

본 논문에서는 터널 내에서 발생할 수 있는 유고상황을 정지물체(낙하물, 사고차량, 정지차량), 교통 흐름 상태(평균속도, 정체·지체), 차량 외 통행(사람, 이륜차), 연기·화재, 역 주행으로 정의하여 유고상황을 실시간으로 감지하는 방법을 제안한다. 제안한 시스템은 터널 내 유고상황을 정확하고 신속하게 감지하기 위하여 터널의 잡음 등을 고려하여 알고리즘을 설계하였으며, 영상 분석용 PC 한 대당 4채널의 영상을 처리하도록 설계하였다. 또한 서버에 저장되는 터널의 실시간 유고 상황을 웹에서도 접근 가능하게 하여 원격지에 있는 관리자가 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 하였다. 본 논문에서는 논문의 분량 문제로 인하여 터널 감시 시스템에 관하여 간략히 언급하며 영상 유고 감지 방법 또한 간단히 설명하도록 한다.

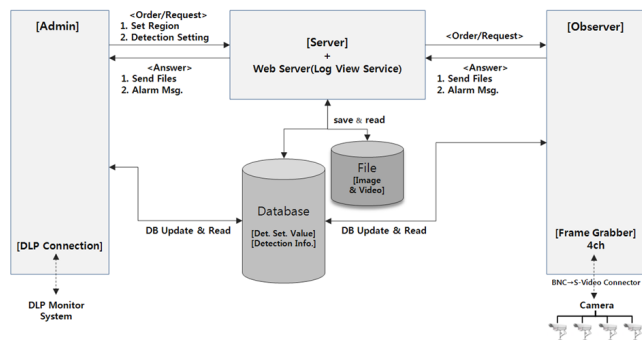
2. 터널 유고 감지 시스템 설계

본 논문에서 제안하는 터널 유고 감지 시스템 전체 구조는 그림 1과 같다. 본 제안 시스템은 관리자, 서버, 감지기 소프트웨어로 구성된다.

관리자 소프트웨어는 그림 2와 같으며 영상 감시기 프로그램의 각종 환경 설정 및 유고 발생 시 듣는 음성 파일의 변경, 각 카메라별 감지영역 설정, 각 카메라별 유고 감지의 유무 등을 설정한다. 영상 감지기로부터 유고 상황이 발생되면 해당 카메라의 영상에 빨간색을 입혀 표현하고 실시간 영상이 팝업으로 열려 관리자가 현재의 상황을 실시간으로 알 수 있도록 하였다. 또한 터널 관리 사무소 내에 있는 대형 디스플레이를 컨트롤하는 DLP와의 연동도 가능하도록 하였다.

서버는 영상 감지기로부터 각 카메라별 실시간 영상을 전송받아 관리자 화면에 전송하며 유고가 발생했을 경우 영상 감지기로부터 동영상 및 현재 유고 영상을 전송 받아 저장하는 역할을 수행하며 저장된 정보를 웹으로 확인할 수 있도록 웹서버 역할도 수행한다.

영상 감시기의 경우 한 대의 PC에서 4채널의 영상을 동시에 분석하며 카메라 대수가 많을수록 영상 감시기의 수는 늘어난다. 영상 감시기의 수가 늘어나더라도 서버와 관리자 프로그램은 1개로 하였다.



(그림 1) 터널 유고 감지 시스템 전체 구조



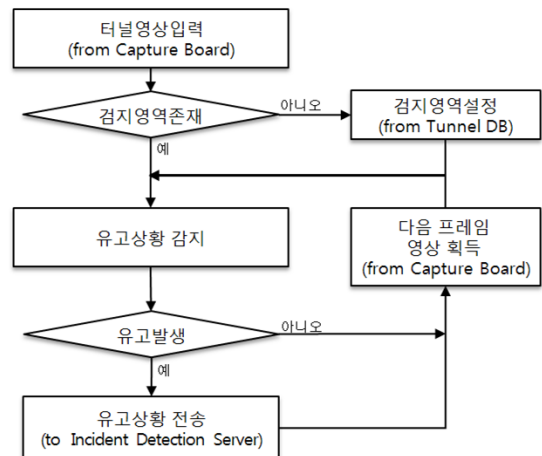
(그림 2) 터널 유고 감지 관리자 프로그램

2. 1 영상 감지기

본 터널 영상 유고 감지 시스템에서 제안하는 부분에서 가장 중요한 부분은 실시간 영상을 입력받아 영상 내에 유고를 감지하여 감지 유무를 서버에 전송하는 영상 감시기에 있다. 영상 감지기는 영상을 입력받는 프레임 그라버보드(Frame Grabber)와 영상 감지기 한 대에서 4개의 영

상을 처리한다.

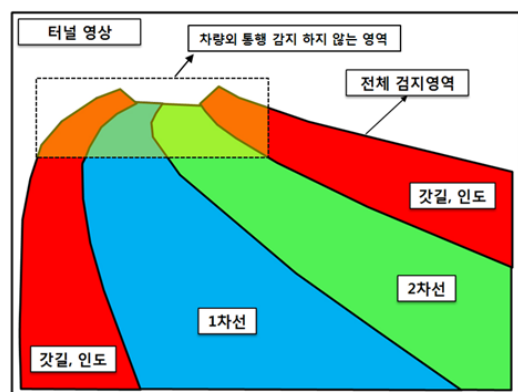
영상 감지기의 실행은 그림 3과 같다. 먼저 터널 영상을 캡처 보드로부터 입력 받고 해당 영상의 감지영역을 터널 서버에 저장된 DB에서 읽어 감지영역을 설정한 후 설정된 감지영역 정보를 바탕으로 터널 영상을 분석하여 유고 상황을 감지한다. 이때 영상 감지기가 유고상황을 감지하였을 경우 해당 정보를 유고감지 서버로 전송하며 전송되는 정보는 감지시간, 감지 카메라 번호, 유고 종류, 유고 발생 동영상등을 포함한다.



(그림 3) 영상 감지기 세부 흐름

1) 감지영역 설정

감지영역은 관리자가 각 카메라별 감지영역을 설정하고 설정된 감지영역은 터널 데이터베이스에 저장되며 이를 영상감지기가 읽어 감지 영역을 생성한다. 감지영역은 차선, 갓길·인도로 구성되며 감지영역의 상단 부분에서는 차량 외 통행은 감지하지 않도록 하였다. 이 영역에서는 카메라와 도로의 거리가 멀어 차량 외 통행(사람, 이륜차)을 감지하기 어렵기 때문이다.

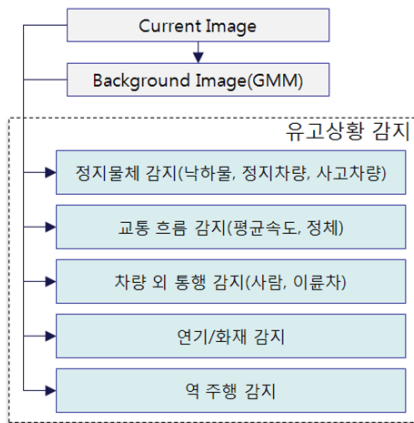


(그림 4) 감지영역 정보

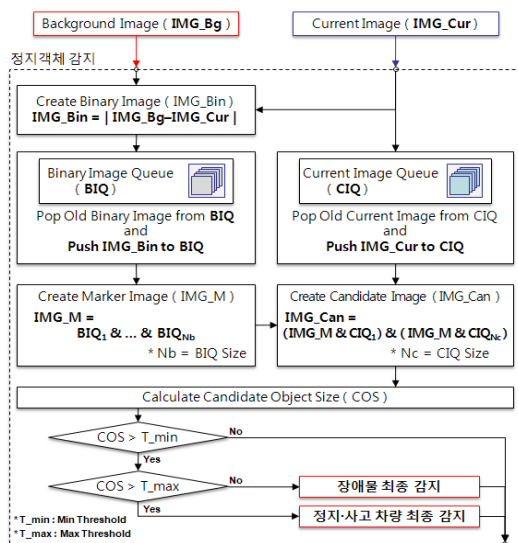
2) 유고 상황 감지

터널 유고상황 감지는 그림 5와 같이 GMM(Gaussian Mixture Model)을 객체의 이동시에 발생하는 객체 잡음이

최소화되도록 수정한 배경영상 생성 방법[1][2]을 사용하여 현재영상과의 배경 차이법을 이용하여 객체를 검출한 후 정지물체 감지, 교통 흐름 상태 감지, 차량 외 통행 감지, 연기 및 화재 감지, 역주행 감지를 수행한다. 터널 영상 감시의 경우 터널 내에 설치된 조명은 사람의 눈에는 변하지 않는 걸로 보이지만 실제 현장에 설치된 카메라를 통해 확인 할 경우 조명은 조금씩 변화한다. 이는 먼 거리에서 카메라가 현장을 촬영하고 촬영한 신호가 케이블을 통해 전송되는 동안 노이즈가 발생하여 조명의 변화는 더욱 심하게 나타나게 된다. 또한 터널 출·입구 쪽에는 야간에는 외부의 햇빛 조명에 영향을 받지 않지만 주간인 경우 터널 외부가 더 밝으므로 햇빛의 영향을 심하게 받게 된다. 이때 조명에 의해 영상감시기에서 오 검지가 발생하게 되며 이를 효과적으로 제거해야만 한다. 조명을 효과적으로 제거하기 위하여 본 제안 방법에서는 LBP(Local Binary Pattern)을 이용하였다[3].



(그림 5) 유고상황 감지 알고리즘



(그림 6) 정지물체 감지 방법

① 정지 객체 감지

제안된 정지 객체 감지 알고리즘은 장애물, 정지·사고 차량

을 감지하며 세부 흐름은 그림 6과 같다. 먼저 배경영상(IMG_Bg)과 현재 영상(IMG_Cur)의 차이를 구하여 이진화(IMG_Bin) 한 후 이진영상 큐(BIQ)에 저장하며 동시에 현재 영상 또한 현재영상 큐(CIQ)에 저장한다. 그 다음 저장된 이진영상들 간에 AND(&) 연산을 취하여 마커 영상(IMG_M)을 생성하고 생성된 마커 영상을 이용해 현재영상버퍼에 저장된 영상에서 정지객체를 감지한다[4]. 정지객체가 감지되면 정지객체의 크기(COS)를 산출하고, 산출된 정지객체의 크기가 T_min(사용자 정의 임계값) 보다 작으면 노이즈로 판단하고 다음 프레임으로 진행한다. 이때 정지객체의 크기가 T_min 이상일 경우에는 T_max(사용자 정의 임계값)를 이용하여 장애물과 차량을 구분하고 정지객체를 최종 감지한다. T_min과 T_max는 관리자가 환경에 맞게 지정한다.

② 차량 정체·지체 감지

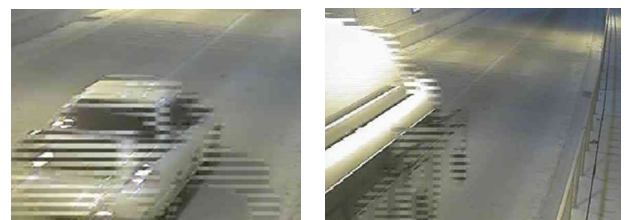
차량 정체·지체 감지 알고리즘은 정성환, 이준환이 제안한 혼잡도 측정 알고리즘[5]을 사용하였다. 이는 개별 차량을 추적하지 않고 객체의 이동량을 통계적으로 계산하는 방법으로 차량을 개별적으로 추적하지 않아도 되는 효율적인 방법이다.

③ 차량 외 통행 감지(사람·이륜차)

사람·이륜차 감지 알고리즘은 정지 객체 감지 알고리즘에서 저장해 놓은 이진영상 큐(BIQ)를 이용하며 먼저 이진영상 큐에 저장된 현재 프레임 이진영상(BIQ_Nb)에 대해 연결객체의 분할(Extraction of Connected Components)을 수행한다[6]. 그 다음 분할된 각 객체들의 가로, 세로 비율을 이용하여 사람·이륜차의 가로, 세로 비율과 일치하고 현재 감지된 위치에서의 차선의 폭과 감지된 객체의 폭을 비율적으로 측정하여 사람·이륜차로 감지 될 경우 사람·이륜차 감지 위험 플래그를 설정하며 최근 수 프레임동안 연속으로 위험 플래그가 설정됐을 경우 사람·이륜차 감지 상황으로 최종 판단한다. 이때 최근 수 프레임을 몇 프레임으로 할지는 사용자가 임의로 설정한다.

④ 연기·화재 및 조명 감지

연기·화재 및 조명 감지는 LBP를 이용하였다. LBP는 국부이진패턴으로 조명의 영향을 별로 받지 않는 텍스처 특징이며 연기·화재의 경우 정지객체에 한하여 발생하는 점을 이용하여 정지객체가 발생할 경우 계속적으로 정지객체 영역의 LBP내의 유니폼 패턴 중 에지를 나타내는 패턴의 변화율을 이용하여 연기를 감지하였다.



(그림 7) 객체의 빠른 속도로 인한 잡음 현상

⑤ 역 주행 감지

역 주행의 경우 차량이 비교적 없는 시간에 발생한다. 역 주행의 경우 가장 간단한 방법으로 영상내의 검지영역에서 모션 벡터를 구하여 주행방향의 반대방향으로 모션 벡터의 방향이 나타날 경우를 감지하면 되지만 역 주행을 감지하기 위하여 실시간으로 영상에서 모션벡터를 구하게 되면 프로세서 비용 낭비가 심각하며, 객체와 카메라와의 거리가 가까워 취득 영상에서 그림 7과 같이 프리퀀싱 현상이 발생하는 경우 오검지가 자주 발생하게 된다. 따라서 본 제안 방법에서는 객체의 중심값을 구하고 중심값이 이동방향의 반대방향으로 일정하게 나타나면 이를 역주행으로 간주하였다. 잡음의 경우 객체의 중심값의 변화가 연속적으로 이동방향의 반대방향으로 나타나지 않는 점을 이용하여 잡음의 영향을 제거 하였다.



(그림 8) 정지 물체 감지



(그림 9) 차량 외 통행 감지



(그림 10) 역주행 감지



(그림 11) 연기 감지

3. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 터널 유고 감지 시스템을 실제 터널에 설치한 후 여러 가지 상황을 재현하며 반복적으로 실험을 진행하였으며 실험결과 터널 내에서 발생하는 유고 상황을 모두 실시간으로 감지하는 우수한 성능을 보였다. 실험 장소는 전남 여수시의 마래터널(카메라 20대), 엑스포터널(카메라 32대)과 전북 임실의 운암터널(카메라 24대)이며 실험은 모두 같은 조건으로 실시하였다. 각 터널에서의 실험결과 정지 물체, 차량 외 통행, 역주행, 연기, 차량 정체를 정확히 감지하였다.

본 논문에서는 터널 내 유고 상황을 실시간으로 감지하여 운영자에게 통보함으로써 터널의 안전한 운영을 제안 할 수 있는 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 터널 내 유고 상황을 정확하고 신속하게 감지하기 위해서 터널 내 잡음을 효과적으로 제거하는 방법을 제안하였으며 유고의 종류에 대한 분석보다는 유고 상황의 발생여부를 정확히 판단하는데 중점을 두어 시스템의 신뢰성을 높이고자 하였다. 현재 본 제안 방법인 터널 내 영상 유고 감지 시스템은 전남 여수의 마래터널 및 엑스포터널, 전북 임실의 운암터널에 설치되어 운영되고 있다.

향후 CPU의 성능 개선과 캡처 보드의 성능이 빠르게 진행 될 경우 영상 감지기 한 대당 처리할 수 있는 카메라의 대수가 늘어나기 때문에 현재 영상 감지기 한 대당 4대의 카메라를 처리하도록 개발된 시스템을 4대 이상의 카메라 영상을 처리할 수 있도록 개선될것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] Dar-Shyang Lee, "Effective Gaussian Mixture Learning for Video Background Subtraction," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 27, no. 5, pp. 827-832, May, 2005.
- [2] 정성환, 이준환, "교차로 사고감지를 위한 강건한 비전 기반 알고리즘", 정보처리학회, 제18-B권, 제3호, pp. 117-130, 2011.
- [3] M. Heikkila, M. Pietikainen, J. Heikkila, "A Texture-based Methods for Detecting Moving Objects", British Machine Vision Conference, 2004.
- [4] 정성환, 이희신, 이준환, "연속류 도로의 사고 및 주정차 위반 감지," 한국ITS학회 추계학술대회논문집, pp. 205-208, 2009. 10.
- [5] 정성환, 이준환, "영상 차이법을 이용한 교차로 혼잡도 측정," 대한전자공학회 추계학술대회논문집, pp. 801-802, 2008. 11.
- [6] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing - Second Edition," Prentice Hall, pp. 534-550, 2002.